Ciência e Tecnologia

Brasil aprende a utilizar o Nióbio

Metal estratégico, o Nióbio apresenta múltiplas aplicações na siderurgia e como supercondutor

IGOR VELTMAN

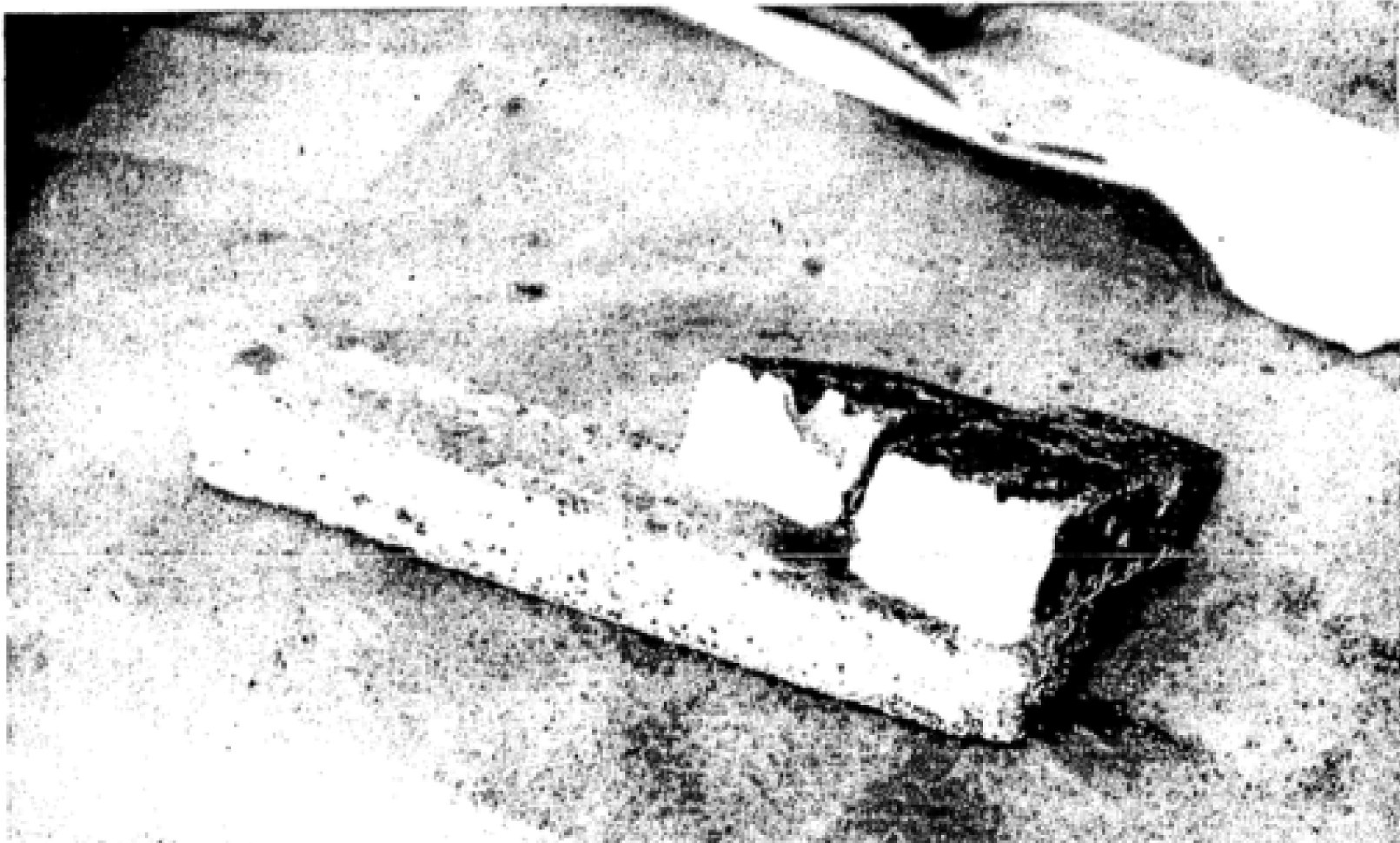
O início da produção de 40 toneladas anuais de Nióbio metálico pela Fundação de Tecnologia Industrial, de Lorena, previsto para a segunda quinzena de novembro, representará o mais avançado passo do País rumo ao domínio da sofisticada tecnologia de aplicação desse mineral, metal refratário e supercondutor que tem 80% das reservas conhecidas e comercialmente viáveis situadas em território brasileiro.

As grandes reservas minerais brasileiras, além de apresentarem teor de Nióbio superior aos encontrados em outros países, são extraídas a céu aberto e serviriam para garantir o mercado mundial, aos níveis atuais de consumo, por 500 anos.

O Nióbio, como elemento de liga, proporciona grande resistência adicional ao aço, reduzindo seu peso e, por consequência, seu custo final. Por isso, é usado na siderurgia, especialmente na indústria aeroespacial, naval e em outros setores de ponta. Tem também utilização obrigatória na construção de reatores nucleares, por seu alto ponto de fusão, tenacidade e resistência à corrosão.

Mantido a temperaturas próximas do zero absoluto, o metal também adquire propriedades supercondutoras, permitindo a retenção ou transmissão de energia elétrica praticamente sem perda registrável. Serve ainda para, a partir dessa característica, fabricar magnetos superpotentes, com múltiplas aplicações, inclusive no transporte magneticamente levitado.

O Projeto Nióbio, idealizado por um cientista e professor da Unicamp, Daltro Garcia Pinatti, prevê o desenvolvimento de toda a gama de aplicações desse mineral estratégico e, após 10 anos de trabalho, está prestes a deixar a escala de laboratório e ingressar na fase piloto, estabelecendo parâmetros para sua utilização industrial. Além do Nióbio e suas aplicações, o projeto prevê a pesquisa em Tântalo, Zircônio e Titânio. Desde 1978 a pesquisa vem sendo parcialmente financiada pela Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e do Comércio.


Fotos de Osvaldo Amorim

O Nióbio aumenta a resistência e reduz o peso do aço, sendo utilizado na indústria aeroespacial e em reatores nucleares.

Alto padrão tecnológico permitiu desenvolvimento

O Projeto Nióbio foi idealizado a partir de 1970 pelo professor Daltro Garcia Pinatti, Ph.D. em Física dos Metais e professor, à época, da Universidade de São Paulo, no campus de São Carlos. Chamado a montar o Instituto de Física da recém-criada Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) o que fez no sentido literal da palavra, pois como engenheiro civil projetou prédios, laboratórios e até instalou equipamentos, o cientista iniciou suas pesquisas para obter o Nióbio metálico a partir do minério brasileiro.

O processo foi planejado com o objetivo de chegar ao desenvolvimento da tecnologia de supercondutividade. A obtenção de Nióbio metálico, em lingotes de 250mm de comprimento e 45mm de diâmetro, foi alcançada por volta de 1974, pela via da aluminotermia do óxido. O método consiste basicamente na introdução de óxido de Nióbio misturado com pó de Alumínio em um forno de tijolo refratário com carcaça de aço comum e molde de alumina. Provoca-se um curto-circuito ligando dois fios elétricos à mistura, dando partida a uma reação exotérmica (o material chega a temperaturas acima de 2.500 graus por combustão própria, já sem a necessidade do curto).

O resultado é um eletrodo, na verdade uma liga Nióbio-Alumínio, este na proporção de 3% a 6%, que alimenta até hoje a planta de laboratório da Unicamp, nas pesquisas de baixa temperatura. A partir dessa época começou também a ser desenvolvida pelo prof. Pinatti a tecnologia de produção eficiente de metal e fios supercondutores. Em 1977, o projeto não tinha mais como crescer dentro da Universidade, devendo passar para a fase de desenvolvimento experimental com vistas à definição de parâmetros industriais.

QUALIDADE

A partir daí, entrou em cena a Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e do Comércio, enviando para a Alemanha amostras do metal produzido em laboratório, para análise. A resposta foi de que o material tinha alta qualidade tecnológica e, com base no parecer e na conceituação do projeto, foi tomada a decisão de investir no seu desenvolvimento, através da Fundação de Tecnologia Industrial, de Lorena, que passou ao controle da STI. O Ministério da Indústria e do Comércio assumiu o financiamento da quase totalidade dos custos de instalações, mão-de-obra, infra-estrutura etc.

O total das verbas destinadas ao Projeto Nióbio, a preços corrigidos, alcança aproximadamente Cr$ 300 milhões, de acordo com o diretor-técnico da FTI, coronel Valdimir Pirró e Longo, Ph. D. em Metalurgia. O retorno da produção de apenas um ano do forno instalado em Lorena, caso estivesse inteiramente voltado para a comercialização, já supriria, com algum lucro, o total do investimento efetuado, esclarece Pirró e Longo.

A estrutura do projeto está assentada em três bases: pesquisa básica subcontratada a laboratórios acadêmicos com capacitação (Unicamp e Universidade Federal de São Carlos), desenvolvimento tecnológico na Divisão de Metais Refratários da FTI, em Lorena, e cooperação com indústrias do setor. O conceito integrado, partindo-se da pesquisa até o produto comercial — relatam os participantes do projeto — permitiu avanços técnico-científicos nos dois sentidos, gerando também recursos materiais de razoável volume a curto prazo.

Parte dos recursos necessários às pesquisas projetadas para 1982 será coberta pelo Fundo Nacional de Amparo à Tecnologia (Funat). O orçamento do Projeto para o próximo ano, incluindo o desenvolvimento de pesquisas também em Tântalo, Zircônio e Titânio, é de cerca de Cr$ 200 milhões, parte dos quais fruto de prestação de serviços à CBMM e de convênios com diversas empresas.

O trabalho, planejado em sua essência pelo prof. Pinatti, vem sendo conduzido em duas linhas, uma de pesquisa, outra de projeto integrado. A pesquisa abrange nada menos que 19 itens: volatilização, extração líquido-líquido, aluminotermia do óxido e do pirocloro, refino, perfis de Nióbio (barras, fitas, chapas, folhas, tubos), pó de Nb, Carbeto, eletrólise em sal fundido, ligas Nióbio-Titânio e Nióbio-Zircônio, ligas resistentes à corrosão, ligas refratárias, propriedades básicas do metal e suas ligas, fios supercondutores, magnetos supercondutores, ligas-mãe de NB e superligas, aplicações em inoxidáveis, dos aços ao Nióbio (em tubos, vasos de pressão, indústria automobilística e estruturas metálicas) e emprego do Nióbio em aços estruturais, com avaliação de substituições atuais e novas, temperabilidade etc.

Os projetos integrados, para produção de Nióbio metálico e ligas, pó de Nióbio, magnetos supercondutores para separação de minérios, geração de energia por magneto-hidrodinâmica e desenvolvimento de um Centro de Documentação, estão em estágios diversos.

A prestação de serviços à CBMM na produção de Nióbio metálico começará imediatamente, mas a cooperação com a empresa inclui ainda um contrato de pesquisa em aluminotermia a vácuo, para obter o metal com menor número de intersticiais (impurezas, particularmente nitrogênio), refino desse material no forno de feixes de elétrons, de 97% para 99,9% de pureza; e qualificação de produção para atender às especificações do mercado internacional.

A Fundação de Tecnologia Industrial trabalha ainda com a Pirelli, no desenvolvimento de fios e cabos supercondutores, e com a Engemasa, implementando a utilização de Nióbio nos inoxidáveis, fazendo medidas de corrosão e comportamento a altas temperaturas, além de projeto e construção de fornos a vácuo.

ACORDOS INTERNACIONAIS

Há ainda acordos internacionais de cooperação tecnológica assinados entre a Secretaria de Tecnologia Industrial e o Eletrotechnical Laboratory, do Japão, na área de supercondutividade de materiais de base Nióbio (cálculo e construção de magnetos supercondutores, máquinas criogênicas e geradores magneto-hidrodinâmicos); e também com o instituto KFA-Julich, da Alemanha, na área de pesquisa básica de metalurgia de Nióbio e outros metais e produção de metal superpuro (para aplicações nucleares. Julich, aliás, é o centro dos acordos atômicos Brasil-Alemanha).

Nos dois galpões construídos nos arredores de Lorena está instalado o forno de feixes de elétrons projetado e adaptado pelo prof. Pinatti a partir da experiência adquirida no forno de laboratório instalado na Unicamp (4 ton./ano). A capacidade da planta-piloto, projetada de acordo com as especificações do minério nacional (Brasil e Canadá detêm reservas de Pirocloro, enquanto a maioria das reservas de outros países é de Tantalita-Columbita e Nióbio proveniente da escória do Estanho), é de 40 ton/ano, mas a FTI pretende alcançar o dobro, através de modificações introduzidas.

O Nióbio oxida em torno de 200 a 300 graus e por isso não pode ser fundido a céu aberto. Dentro da carcaça de aço comum com painéis de cobre refrigerados a água, canhões de elétrons (algo como potentíssimos tubos de televisão) dirigem os feixes por lentes magnéticas para o lingote e para a piscina de metal líquido (sob vácuo), fundido superficialmente, em camadas sucessivas de apenas 2 mm de espessura. Nas repetidas fusões e refino do metal busca-se a redução do teor de oxigênio contido, de 8 mil partes por milhão (ppm) para 100 ppm, de forma que não sejam alteradas as propriedades do Nióbio. O ajuste dos canhões é feito com um ângulo de deflexão tal que o Alumínio e o Oxigênio deixam o Nióbio separado na lingoteira, arrastando apenas uma quantidade residual. Todo o processo, que se passa acima do ponto de fusão do Nióbio (2.468 grauus centígrados), pode ser visto através de uma janela estroboscópica.




O forno de feixes de elétrons.

A facilidade de extração é uma grande vantagem

O Nióbio foi descoberto em 1801 por Charles Hatchett, que o chamou Colúmbio, designação até hoje utilizada nos Estados Unidos. O metal puro, na realidade, possivelmente só tenha sido descoberto em 1844, por Rose, que o separou do Tântalo, ao qual está sempre ligado. A separação do Nióbio do Tântalo só é possível por meio de tratamento químico. O nome encontrado para batizar o novo metal foi uma referência a essa ligação (Niobe, da mitologia grega, era a filha de Tântalo).

As reservas brasileiras de Araxá, até o momento, são de longe as maiores e mais rentáveis de todo o mundo: somam 463 milhões de toneladas de pirocloro, com uma concentração inusitada para o Pentóxido de Nióbio (Nb205), de 2,5%. As jazidas de Catalão, em Goiás, têm 1,5% de Nb205, enquanto as reservas do Canadá alcançam uma média de 0,7%. Do total de Pentóxido, 67% são Nióbio metálico.

Outra vantagem brasileira é a facilidade na extração, quase sempre feita a céu aberto, sem a necessidade, comum em outros países, de perfuração em minas. Em Araxá, as jazidas incluem não somente Nióbio, mas também Apatita, Tório, Urânio e 5% de terras raras.

Os produtos industriais primários do Nióbio são, pela ordem, o minério de Pirocloro, o concentrado de Pirocloro, as ferro-ligas (Ferro-Nióbio Standard, destinado à siderurgia; Ferro-Nióbio vacum-grade, para superligas; e Nióbio-Níquel, também para superligas), os óxidos de grau técnico, os de grau ótico (lentes fotográficas e microscópicas), grau cristal, metal puro e ligas refratárias. Além desses, há ainda os compostos supercondutores.

O metal puro, como elemento de liga, produz os denominados aços de Alta Resistência e Baixa Liga (ARBL). Em síntese, adicionado em teores de 0,05% a 0,10%, ele aumenta a resistência do aço, ao mesmo tempo em que diminui o seu peso, reduzindo portanto também o custo final. Essas características fazem com que seja mais utilizado, atualmente, em siderurgia, empregado em aços estruturais, transporte, oleodutos e gasodutos, onde também sua tenacidade a baixas temperaturas é uma grande vantagem (para dutos no Alasca ou Sibéria, por exemplo).

O metal é usado também como estabilizador de carboneto nos aços inoxidáveis; em superligas (Inconel, Hasteloy, Unitemp, Udimet), ou seja, ligas especiais usadas para solicitações e altas temperaturas, para turbinas de motores a jato, por exemplo; e como eletrodos para enchimento em resistência-desgaste (recomposição de partes desgastadas, em geral em máquinas de mineração ou terraplanagem).

Além dessas aplicações, a produção de metal superpuro qualifica o Nióbio, em liga com Zircônio, por exemplo, para aplicação na construção de reatores nucleares de fissão. Como sempre está ligado ao Tântalo, minério que capta radiatividade, o Nióbio deve passar por um processo de eletrólise em sal fundido, para retirar o teor normal de 1.700 ppm (partes por milhão) de Tântalo na saída do forno para um máximo de 300 ppm. O processo utilizado permite, entretanto, baixar o teor até 3 ppm, deixando o Nióbio, de baixa cessão de choque por nêutrons térmicos, praticamente puro.

O Nióbio entra em 5% na formação do Inconel, liga com Níquel e Cromo que no reator de Angra, por exemplo, pesará 8.000 toneladas (empregando, portanto, 400 toneladas de Nióbio superpuro).

Em grau óxido de grande pureza, o Nióbio é utilizado também na fabricação de brocas, serras e outras peças

As reservas nacionais são suficientes para 500 anos

O Nióbio é usado mundialmente como elemento de liga em aços e superligas, o que faz com que sua demanda seja localizada principalmente nos países desenvolvidos e industrializados. Suas duas maiores aplicações atuais são em aços para óleodutos e gasodutos e aços estruturais, para veículos, aeronaves etc.

Parte da conceituação do projeto da Fundação de Tecnologia Industrial está voltada para a necessidade de desenvolvimento das aplicações tecnológicas do Nióbio já que, detendo o Brasil 3,6 milhões de toneladas, 80% das reservas comercialmente utilizáveis desse metal, é o país mais interessado na multiplicação de seus usos sem grandes rebaixamentos na cotação internacional que alcança. Do total das reservas estimadas, o Brasil tem 50%, ou 10,5 milhões de toneladas.

Em 1979, de acordo com publicações do U.S. Bureau of Mines, a demanda de Nióbio nos Estados Unidos, o maior consumidor mundial, foi de 3.600 toneladas, que somada à dos demais países alcançou 12.600 toneladas. A avaliação do Bureau of Mines é de que o crescimento dessa demanda deverá situar-se em um índice provável de pelo menos 6,1% ao ano até a virada do século, fazendo com que os Estados Unidos necessitem de 11 mil toneladas de Nb no ano 2000, contra 31 mil toneladas do restante do mundo.

Mas o mercado internacional do minério tem um potencial acumulado nos próximos 20 anos de mais de 500 mil toneladas — e a relativa abundância das reservas conhecidas do mineral garante a viabilidade do incentivo de seu consumo. Somente o Brasil, de acordo com a FTI, dispõe de reservas suficientes para suprir o mundo inteiro por 500 anos. O que o País consome hoje, apenas em siderurgia, equivale a 5% das 15 toneladas anuais consumidas pelo conjunto dos países.

As exportações brasileiras de produtos de Nióbio restringem-se, hoje, ao concentrado (base de 58% de Nb205), Ferro-Nióbio Standard (liga com base de 65% de Nb) e mais recentemente ao Óxido (base de 98% de Nb205). Somadas, as exportações da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) e da Mineração Catalão de Goiás alcançaram em 1980 o valor de 123,8 milhões de dólares.

A importância do desenvolvimento tecnológico, explicam os especialistas da FTI, está principalmente no valor agregado dos produtos de ponta que a utilização do Nióbio permite atingir. Assim, enquanto o concentrado foi cotado no ano passado a pouco menos de 7 dólares o quilo, o Ferro-Nióbio chegou além de 11 dólares e o Óxido alcançou 19,20 dólares. Seguindo adiante na espiral tecnológica, entretanto, a ordem de grandeza dos valores altera-se: o Nióbio metálico é cotado atualmente a 100 dólares o quilo, enquanto o valor de ligas refratárias chega a 230 dólares e o de fios supercondutores a 700 dólares por quilo.

O desenvolvimento de aplicações para o metal também tende a valorizar as reservas brasileiras, na medida em que participe desse processo tecnológico. Os magnetos supercondutores de pequeno porte, utilizados em pesquisas acadêmicas, aplicações médicas e medidas de calor específico, magnetoóptica e outras, respondem hoje por 30% do consumo de materiais supercondutores, devendo perder essa posição quando forem comercializados os magnetos de grandes aplicações (hidrodinâmica, fusão nuclear etc). A supercondutividade, prevê o U.S.Bureau of Mines, será o mais significativo uso final do Nióbio até o ano 2000.

É um metal supercondutor

A supercondutividade é uma propriedade de determinados metais que, a baixíssimas temperaturas, próximas do zero absoluto, não apresentam virtualmente nenhuma resistência à corrente elétrica. Isso faz com que a supercondutividade seja elevada à mais fantástica das características do Nióbio, metal refratário e supercondutor que apresenta as melhores condições para sua utilização.

Um metal supercondutor pode transmitir energia ou armazená-la, por tempo indeterminado, praticamente sem dispender calor, sem perder seu conteúdo energético. O calor que uma lâmpada de filamento dispende representa uma perda de energia para a iluminação. Um supercondutor supera esse problema, desde que mantido em temperatura como a necessária ao Nióbio, de 263,8 graus centígrados negativos, ou 9,2 Kelvin (K).

Enrolado como uma bobina, o fio ou fita supercondutores torna um magneto permanente, não deixa a energia dispersar e pode ser empregado como um reservatório perene de energia ou como gerador de altos campos magnéticos. Como reservatório de energia, as pesquisas em andamento no Japão e Estados Unidos prevêem a utilização na estabilização de oscilações de baixa frequência em linhas de transmissão de longa distância ou como componente obrigatório para os futuros reatores de fusão nuclear.

Na geração de campos magnéticos, os supercondutores servem, por exemplo, à separação magnética de minerais (conseguindo separar dos rejeitos normais também as partículas finas e as paramagnéticas, o que inicialmente já representa uma grande economia em mineração de fosfato e bauxita no Brasil); ao confinamento, aceleração e estabilização do plasma para a reação de fusão nuclear; ou para o transporte por trens magneticamente levitados.

Esses trens, como o projetado e em fase de testes em 23 quilômetros de trilhos pela Japanese National Railroad, chegam a 500 km/hora, levitando de 5 a 10 centímetros acima do leito do trilho, devido a correntes induzidas em placas de alumínio assentadas na pista. O trem só precisa de um impulso inicial, pois a inércia e a

Prevê-se que as primeiras máquinas supercondutoras a viabilizar sua comercialização serão os geradores estacionários, que apresentam 5% a mais de rendimento em energia com a mesma tração mecânica e de duas a três vezes menos peso que os geradores convencionais. A Westinghouse já está operando um gerador de 300 MW, a partir do qual pretende oferecer a opção supercondutora em toda a sua linha de geradores.

Para as pesquisas de fusão nuclear, o Nióbio é básico, pois a reprodução do calor e pressão existentes no centro do Sol (100 milhões de graus), só é possível a partir da criação de altíssimos campos magnéticos, através de supercondutores. Há também a aplicação em Magneto-hidrodinâmica (MHD), pesquisada em conjunto com o Japão, um sistema de aproveitamento de geração de vapor, com rendimento de 60% a 70%, enquanto a geração convencional alcança 40%. Estima-se que em 1985 os geradores MHD já estejam sendo produzidos pelos Estados Unidos e União Soviética.

A supercondutividade do Nióbio pode ser aproveitada também para memórias supercondutoras, de computadores de grande porte, cuja grande vantagem em relação à memória semicondutora (de silício) é a velocidade de processamento 1.000 vezes superior e o baixo ruído decorrente da operação a baixíssima temperatura.

Para as linhas de transmissão propriamente ditas, há ainda um problema de engenharia a vencer: como viabilizar a refrigeração através de quilômetros de extensão das linhas? Essa utilização está em estudo principalmente como extensões das máquinas supercondutoras (motores supercondutores para navios, por exemplo, ligados por linhas de transmissão do mesmo tipo) e para troncos de grande capacidade nas metrópoles. Estão em estudo linhas da cidade de Nova York e de Tóquio, inclusive com teste em andamento de uma linha supercondutora de Nb3Sn de 100 metros no Brookheaven Laboratory. Para essa utilização, como para outras, o uso da liga Nióbio-Germânio (Nb3Ge), supercondutora a uma temperatura bem mais elevada (23 K contra 9,2 K do